

Implementasi Perbandingan Deteksi Tepi Pada Citra Digital Menggunakan Metode Roberst, Sobel, Prewitt dan Canny

Kukuh Panggalih¹, Wawan Kurniawan², Windu Gata³

^{1,3}Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Nusa Mandiri

²Fakultas Teknik & Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

*kukuhpanggalih@gmail.com

Abstrak

Bidang pemrosesan citra digital seperti segmentasi, menjadi topik yang banyak dibahas. Segmentasi bertujuan untuk membagi gambar kedalam part-part atau daerah sehingga tidak terjadi tumpang tindih dengan ciri yang sejenis, seperti warna, bentuk, tekstur, dan intensitas. Proses segmentasi pada umumnya terbagi ke dalam tiga bagian kelompok segmentasi diantaranya segmentasi yang berdasarkan klasifikasi (*classification based segmentation*), segmentasi yang berdasarkan tepi (*edge based segmentation*), dan segmentasi yang berdasarkan wilayah (*region based segmentation*). Deteksi tepi menjadi proses sistematis yang digunakan untuk mendeteksi piksel-piksel dalam citra digital bersifat tidak tetap atau selalu berubah-ubah tingkat kecerahannya dalam suatu garis atau kurva. Tujuan penelitian ini melakukan perbandingan metode deteksi tepi menggunakan objek gambar. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode Robert, Prewitt, Sobel dan Canny untuk mendeteksi banyaknya piksel putih pada masing-masing gambar. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Simulink Matlab, dimana parameter dari masing-masing algoritma akan dibandingkan. Kemudian dihitung berapa jumlah total *pixel* putih dari tiap metode deteksi tepi.

Kata kunci : *Image Processing*, Segmentasi, Deteksi Tepi

Abstract

The field of digital image processing, such as segmentation, has become a widely discussed topic. Segmentation aims to divide the image into parts or regions so that there is no overlap with similar characteristics, such as color, shape, texture, and intensity. The segmentation process is generally divided into three groups of segmentation, including segmentation based on classification (*classification based segmentation*), segmentation based on edges (*edge based segmentation*), and segmentation based on region (*region based segmentation*). Edge detection is a systematic process used to detect *pixels* in digital images that are not fixed or always changing their brightness level in a line or curve. The purpose of this study is to compare edge detection methods using image objects. This research was conducted using the method of Robert, Prewitt, Sobel and Canny to detect the number of white *pixels* in each image. The tool used in this research is Simulink Matlab, where the parameters of each algorithm will be compared. Then the total number of white *pixels* is calculated from each edge detection method.

Keywords : *Image Processing*, Segmentation, Edge Detection

1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia dalam pemenuhan informasi terus meningkat setiap waktu. Berbagai sumber informasi yang bisa diperoleh salah satunya berasal dari sebuah citra. Citra perlu di proses

terlebih dahulu, sehingga pemrosesan citra (*Image Processing*) menjadi teknologi untuk menyelesaikan masalah dalam proses pengolahan data [1]. Selain mengolah data

dalam bentuk teks, pengolahan data juga bisa dilakukan pada komponen multimedia seperti, gambar (citra), suara (audio) dan video. Salah satu bentuk komponen multimedia yang memiliki peranan penting adalah gambar (citra). Berbagai macam informasi tersimpan dalam sebuah citra. Citra digital merupakan suatu matrik yang tersusun dari baris dan kolom dimana masing masing nilai indeks dari matrik mendeskripsikan suatu titik pada model [2]. Banyak penelitian yang membahas tentang pengolahan citra yang merupakan teknologi yang digunakan untuk menangani masalah seputar pemrosesan [3]. Bidang pemrosesan citra digital seperti segmentasi, menjadi topik yang banyak dibahas. Segmentasi bertujuan untuk membagi gambar kedalam part-part atau daerah sehingga tidak terjadi tumpang tindih dengan ciri yang sejenis, seperti warna, bentuk, tekstur, dan intensitas [4]. Besaran nilai akurat pada proses ini sangat menentukan hasil proses lanjutan. Proses segmentasi pada umumnya terbagi ke dalam tiga bagian kelompok segmentasi diantaranya segmentasi yang berdasarkan klasifikasi (*classification based segmentation*), segmentasi yang berdasarkan tepi (*edge based segmentation*), dan segmentasi yang berdasarkan wilayah (*region based segmentation*).

Tujuan penelitian ini melakukan perbandingan metode deteksi tepi menggunakan objek

gambar. Deteksi tepi menjadi proses sistematis yang digunakan untuk mendeteksi *pixel* dalam citra digital bersifat tidak tetap atau selalu berubah-ubah tingkat kecerahannya dalam suatu garis atau kurva [5]. Tujuannya untuk memeriksa secara spesifik perubahan yang terjadi pada kecerahan gambar sehingga bisa menganalisa peristiwa penting dalam perubahan. Langkah awal yang harus dilakukan pada deteksi tepi berfungsi untuk mengenal/melacak objek yang selanjutnya akan digunakan dalam proses pengolahan citra [5][6]. Empat algoritma digunakan dalam proses perbandingan deteksi tepi kali ini yaitu algoritma Roberts, Sobel, Canny dan Prewitt. Proses perbandingan deteksi tepi dilakukan dengan menggunakan *tools* Simulink Matlab memanfaatkan ekstraksi fitur Gray Level Co- occurrence Matrix (GLCM) [7]. Hasil pengujian digunakan untuk melihat jumlah *pixel* putih dari masing-masing algoritma.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian sebelumnya tentang pengenalan bentuk pada citra digital menggunakan teknik deteksi tepi dilakukan oleh : Derisma [8], teknik yang dipilih adalah Sobel, Canny dan Laplace. Pengujian pendeteksian tepi diawali dengan mengambil beberapa variasi gambar. Selanjutnya data data diolah menggunakan library Open Cv di konversi ke *grayscale* untuk

selanjutnya dilakukan operasi deteksi tepi untuk memperoleh hasil deteksi tepi dengan lamanya waktu pemrosesan. Hasil penelitian menunjukkan dari ketiga metode diatas, metode deteksi tepi Canny memiliki nilai tertinggi karena output yang dikeluarkan lebih detail dan jelas. Dari efektifitas waktu dan proses eksekusi, metode Canny juga lebih baik dibanding metode lainnya.

Sebuah penelitian oleh Kurniawati et al. [9] dilakukan menggunakan GUI Matlab untuk mendeteksi tepi atau garis pada objek wajah sehingga pola wajah dapat dibedakan dengan pola lainnya. Metode Canny digunakan karena dapat mengurangi noise sebelum menghitung deteksi tepi. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa metode Canny memberikan hasil yang maksimal dengan menghitung nilai gradien dan arah *horizontal* dan *vertikal*. Investigasi menggunakan operator deteksi tepi Canny lebih unggul daripada operator Sobel karena operator Canny mendeteksi tepi sebenarnya dan tidak menghilangkan tepi sebenarnya. Operator Sobel, di sisi lain, kehilangan tepi yang sebenarnya dan menghasilkan tepi yang bukan tepi yang sebenarnya.

Hasil pengujian penelitian oleh Romindo [10], metode Robert terlihat jauh lebih baik secara visual daripada metode Prewitt. Hasil deteksi tepi metode Prewitt lebih akurat dibandingkan dengan metode Roberts, meskipun hanya

terdapat sedikit perbedaan antara kedua hasil deteksi tepi tersebut. Dibandingkan dengan jumlah piksel citra putih yang dapat dideteksi, metode Roberts menghasilkan piksel citra putih lebih banyak dibandingkan metode Prewitt. Dalam hasil pengujian yang dilakukan oleh [11] [6], penelitian ini dilakukan untuk mengukur tingkat deteksi hasil deteksi tepi dan mendapatkan informasi awal dalam pendeteksian objek citra menggunakan Metode Sobel, Metode Prewitt, Metode Robert. Ketiga metode difungsikan untuk mendapatkan informasi awal tentang fitur deteksi tepi yang akan digunakan pada penyelidikan lebih lanjut. Hasil dari tiga metode yang diterapkan Metode Prewit lebih akurat daripada dua metode deteksi tepi dan deteksi bentuk 2D lainnya. Metode ini dapat menghasilkan edge dengan tingkat akurasi yang jauh lebih jelas dan halus seperti apa yang tampak di objek asli.

Pada penelitian kali ini dilakukan menggunakan metode Robert, Prewitt, Sobel dan Canny untuk mendeteksi banyaknya piksel putih pada masing masing gambar. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Simulink Matlab, dimana parameter dari masing-masing algoritma akan dibandingkan. Kemudian dihitung berapa jumlah total *pixel* putih dari tiap metode deteksi tepi. Penelitian sebelumnya [8] hanya menggunakan dua metode *edge detections*.

2.2. Landasan Teori

1. Deteksi Tepi

Tepi/sisi sebuah obyek merupakan wilayah terjadinya perubahan intensitas warna yang lumayan tinggi [12]. Tepi adalah serangkaian piksel dengan intensitas antara piksel awal dan piksel akhir. Bisa juga disebut dengan pergeseran tingkat keabuan pada citra besar dalam jarak yang kecil. Perbedaan objek dalam gambar yang dianalisis diketahui melalui perbedaan intensitas cahaya yang diteliti. Tepi umumnya ada pada batas antara dua objek yang berbeda [13]. Tepi dapat disejajarkan dalam satu arah yang bervariasi tergantung pada perubahan intensitas.

Deteksi tepi dilakukan untuk melakukan pendeteksian garis tepi yang memisahkan dua area citra homogen yang memiliki tingkatan level kecerahan berbeda (Pitas 1993). Deteksi tepi yang terdapat dalam citra menunjukkan suatu proses yang menciptakan tepi-tepi objek pada citra. Tujuannya untuk memberikan identitas ciri citra yang dianalisis. Deteksi tepi juga digunakan untuk membangun kembali detail citra yang buram disebabkan efek proses pendistribusian citra. Deteksi tepi bisa merubah bentuk citra 2D menjadi sebuah kurva.

2. Metode-Metode Deteksi Tepi

a. Metode Robert

Awal mula dikenalkan pada tahun 1965 tersusun dari dua kernel ukuran 2x2 yang terbilang kecil sehingga bersifat cepat dalam melakukan komputasi.. Namun, metode robert memiliki kelemahan yang mudah terpengaruh dengan *noise* saat melakukan pengolahan data. Operator Roberts (y, x) dijelaskan sebagai berikut:

$$r(y, x) = \sqrt{(z_1 - z_4)^2 + (z_3 - z_2)^2} \quad \dots(1)$$

Dengan :

$$z_1 = f(y, x)$$

$$z_2 = f(y, x + 1)$$

$$z_3 = f(y + 1, x)$$

$$z_4 = f(y + 1, x + 1)$$

Fungsi Operator Roberts bisa digunakan sebagai bahan memperoleh nilai penuh (mutlak) dari citra berwarna keabuan.

b. Metode Sobel

Dikembangkan dari metode robert yang dalam penggunaannya menggunakan filter HPF (*high pass filter*) dengan satu angka nol penyangga untuk meningkatkan HPF dan mendeteksi tepi gambar sesuai prinsip laplacian dan gaussian [14]. Metode Sobel mempunyai keunggulan dalam meminimalisir gangguan atau *noise* sebelum menjalankan proses pengolahan data deteksi tepi. Operator Sobel deteksi tepi pada tahun 1970 dikenalkan oleh Irwin Sobel, ciri khas

bentuk matriks 3x3 piksel, dimana posisi G_x dan posisi G_y dihitung menggunakan kernel (mask) :

$$\begin{matrix}
 \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \\
 G_x & G_y
 \end{matrix}$$

Metode Sobel menghitung citra dengan operator nilai turunan spasial untuk memperoleh angka pendekatan mutlak pada wilayah yang berhubungan dengan tepi. Operator Sobel digambarkan dalam persamaan *pixel* (x,y) berikut :

$$\begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ a_1 & (x,y) & a_3 \\ a_6 & a_5 & a_4 \end{bmatrix} \quad ..(2)$$

Magnitudo dan gradien digambarkan sebagai berikut :

$$M = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad ..(3)$$

Sementara turunan parsial diperoleh dengan

Kons $c = 2$:

$$s_x = (a_2 + ca_2 + a_4) - (a_0 + ca_1 + a_6) \quad ..(4)$$

$$s_y = (a_0 + ca_1 + a_2) - (a_6 + ca_5 + a_4) \quad ..(5)$$

Kernel (mask) S_x dan S_y disebutkan sebagai :

$$s_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad ..(6)$$

$$s_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad ..(7)$$

Identifikasi tepi pada metode sobel dilakukan dengan memperhatikan nilai turunannya dan menghasilkan nilai atau menunjukkan tepi pada daerah gradien yang bernilai maksimal.

c. Metode Prewitt

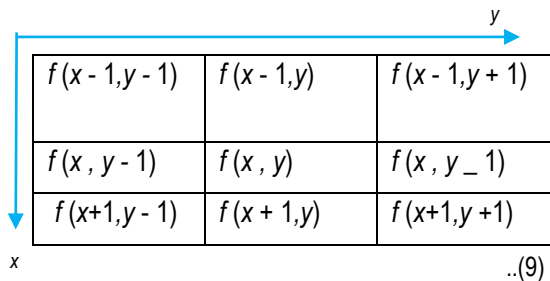
Dikenalkan oleh Prewitt pada tahun 1970, pengembangan dari metode Robert dalam penggunaannya memakai filter HPF (*High Pass Filter*) dengan penambahan sebuah angka nol sebagai penyangga. Prinsip metode prewitt sesuai dengan prinsip yang ada pada kegunaan laplacian untuk meningkatkan HPF (*High Pass Filter*) [5]. Ciri khas metode prewitt adalah bentuk matriks dengan filter 3x3 piksel, sebagai berikut:

$$\begin{matrix}
 \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 G_x & G_y
 \end{matrix}$$

d. Metode Lalacian

Metode Laplacian digunakan sebagai penyelesaian persamaan diferensial. berdasarkan pada turunan kedua [15]. Laplacian terkenal memiliki kegunaan membangkitkan HPF (*High Pass Filter*), dan dikenal sebagai *omnidirectional* karena memiliki ciri menebalkan bagian tepi ke segala arah. Operator Laplace mengidentifikasi lokasi tepi secara tepat terutama pada bagian tepi yang curam karena saat memasuki penurunan keduanya terjadi proses persilangan nol (*zero-crossing*), dimana titik pergantian angka turunan berikutnya dari posisi *positif* ke *negative* atau sebaliknya. Namun metode ini sangat rentan terhadap noise. Metode laplacian digambarkan dalam kernel (*mask*) sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \dots(8)$$



2	4	5	4	2
4	9	12	9	4
5	12	15	12	5
4	9	12	9	4
2	4	5	4	2

$$\frac{1}{115}$$

...(10)

Kelemahan metode ini, adalah sensitif terhadap *noise*, tidak ada kontrol dalam menambahkan ketebalan atau sering kali terjadi ketebalan berlipat, dan tidak mampu mendeteksi arah tepi.

Kemudian dilakukan perhitungan gradien setiap *pixel* menggunakan salah satu metode deteksi tepi (*robert, sobel, prewitt, canny*) dengan melakukan pencarian secara horizontal (G_x) dan secara vertical (G_y) melalui rumus :

$$|G| = |G_x| \quad \dots(11)$$

G_x = pencarian secara horizontal

G_y = pencarian secara vertikal

e. Metode Canny

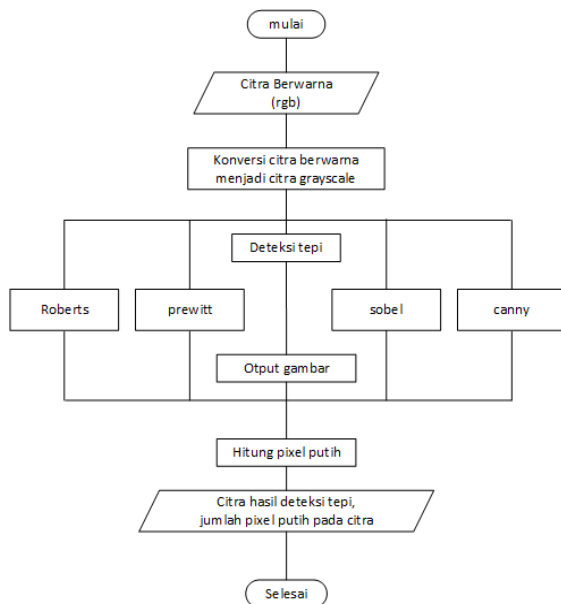
Jika ditemukan nilai mutlak gradien suatu *pixel* melebihi nilai ambang T , maka *pixel* termasuk *pixel* tepi.

Dikemukakan oleh John Canny pada tahun 1986, dikenal sangat optimal karena menghasilkan tepi dengan ketebalan 1 *pixel*. *Noise* yang pada citra awal akan disaring menggunakan Gaussian Derivative Kernel untuk memperoleh hasil deteksi tepi yang halus. Deteksi Tepi Canny mengontrol tepian dengan level *error* minim, atau sama saja dengan operator *Canny* dibentuk untuk menciptakan citra tepian yang optimal [16]. Pada umumnya langkah operator *canny* dimulai dengan menghaluskan citra menggunakan tapis Gaussian [17] sebagai berikut :

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengumpulan data dengan mengambil 5 objek gambar yang berbeda secara random. Gambar akan digunakan sebagai objek penelitian perbandingan deteksi tepi. Penelitian dilakukan dengan mempelajari buku-buku yang membahas tentang deteksi tepi. Serta mempelajari dan memahami cara kerja algoritma deteksi tepi di Matlab. Penelitian ini menerapkan algoritma Robert, Prewitt, Sobel dan Canny untuk mendeteksi tepi objek. Deteksi tepi dilakukan dengan membandingkan ketebalan

dan ketipisan tepi yang dihasilkan dari setiap objek. Dari hasil yang diperoleh akan dihitung berapa banyak *pixel* putih pada gambar deteksi tepi. Alur tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

Dalam perbandingan metode Roberts, Sobel, Prewitt dan Canny harus memiliki data-data yang akan diolah dan digunakan pada sistem yang nantinya untuk dilakukan untuk membandingkan keempat metode. Analisis kebutuhan sistem :

- a. Input : data citra format jpg atau jpeg sebagai bahan uji sistem yang akan dibangun.
- b. Process : melakukan analisis perbandingan metode Roberts, Sobel, Prewitt dan Canny beserta perhitungan besarnya *pixel* putih pada deteksi citra.
- c. Output : hasil analisis metode dan perhitungan berupa citra yang telah

dibandingkan dengan Roberts, Sobel, Prewitt dan Canny

4. Hasil dan Pembahasan

Secara umum, citra yang dapat digunakan dalam menjalankan eksperimen pada metode pendeteksian tepi adalah BMP (ekstensi *.bmp), JPEG (ekstensi *.jpg), dan PNG (ekstensi *.png). Input yang diterima adalah skala abu-abu (grayscale) untuk mempermudah proses dalam mendeteksi tepi. Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra RGB atau citra berwarna dengan identitas masing-masing file bernama : harimau.jpg, burung.jpg, foto.jpg, esteh.jpg dan profile.jpg. Kriteria ukuran dari tiap gambar adalah 1080 *pixel* x 1080 *pixel*. Selanjutnya dengan menggunakan library Matlab gambar di konversi ke model *grayscale*. Hasil dapat dilihat pada gambar 2-6:



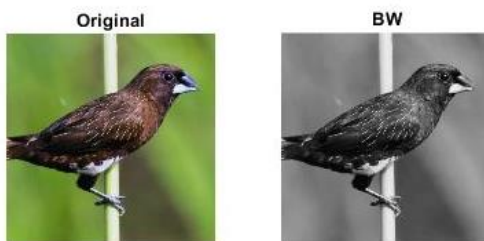
Gambar 2. Citra Uji Grayscale harimau.jpg



Gambar 3. Citra Uji Grayscale foto.jpg



Gambar 4. Citra Uji Grayscale esteh.jpg



Gambar 5. Citra Uji Grayscale burung.jpg



Gambar 6. Citra Uji Grayscale profile.jpg

Untuk mengidentifikasi jumlah *pixel* warna putih pada deteksi tepi metode Roberts, Prewitt, Sobel dan Canny, maka digunakan pengolahan citra dengan Matlab seperti pada gambar 7 :

```

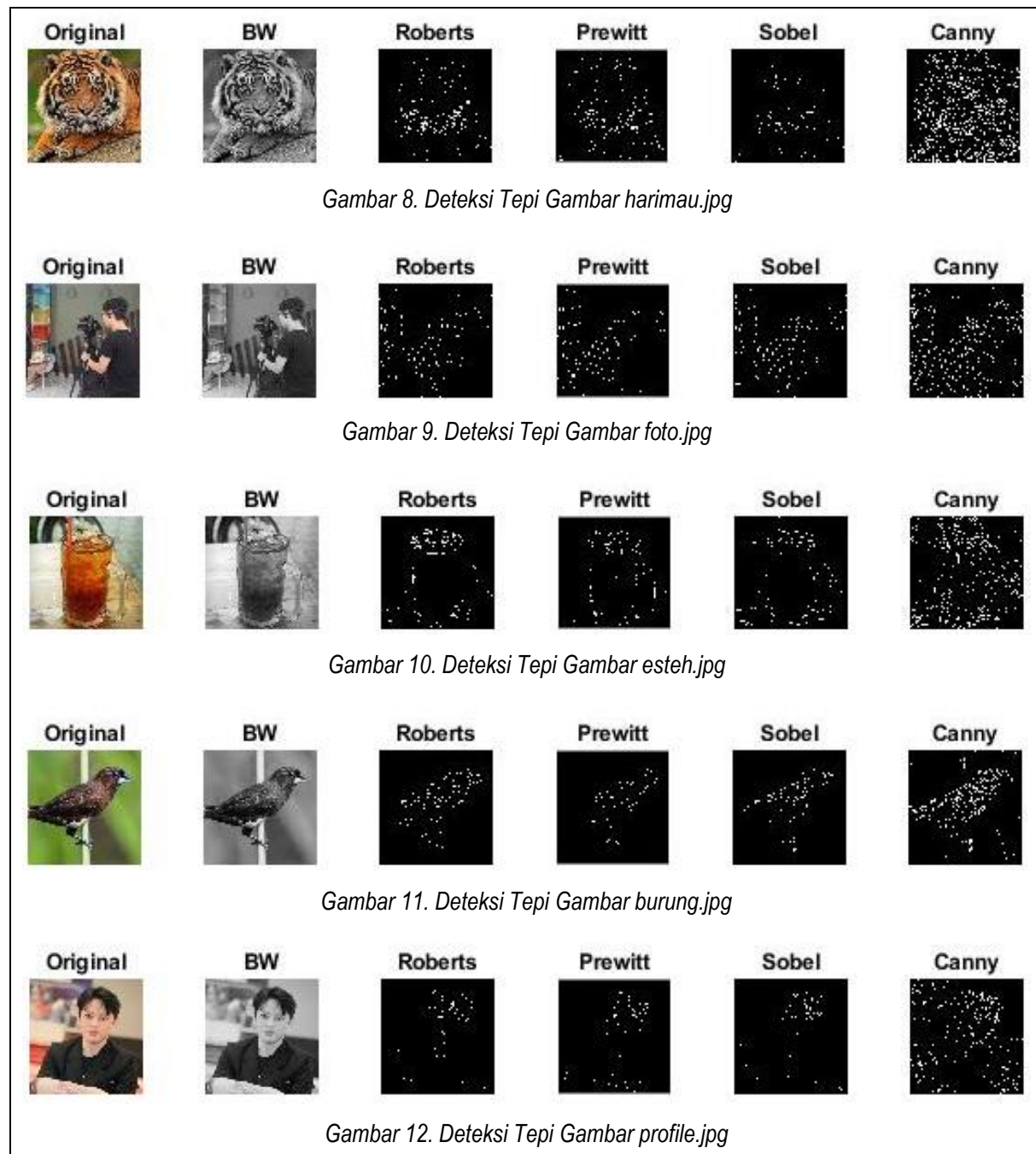
BW1 = edge(I, 'roberts');
BW2 = edge(I, 'prewitt');
BW3 = edge(I, 'sobel');
BW4 = edge(I, 'canny');

subplot(1,6,1);imshow(i);title('Original');
subplot(1,6,2);imshow(I);title('BW');
subplot(1,6,3);imshow(BW1);title('Roberts');
subplot(1,6,4);imshow(BW2);title('Prewitt');
subplot(1,6,5);imshow(BW3);title('Sobel');
subplot(1,6,6);imshow(BW4);title('Canny');

%Hitung Jumlah Pixel Putih Metode Canny
[m,n,o]= size(BW1);
count = 0;
for i = 1 : m;
    for j = 1 : n;
        if BW1(i,j) == 1;
            count = count + 1;
        else;
            end
        end
    end
end
profil_roberts = count;

```

Gambar 7. Pengolahan Citra Citra Uji Grayscale Jumlah *pixel* putih diperoleh dari hasil deteksi tepi. Semakin banyak *pixel* putih dalam citra, memungkinkan semakin banyak juga tepi yang bisa diperoleh. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan jumlah *pixel* putih yang diperoleh dari perhitungan setiap metode deteksi tepi untuk semua citra yang diuji. Dari pengolahan diatas, banyaknya *pixel* putih sesuai dengan tepi yang diperoleh. Berikut hasil pengolahan citra yang diperoleh terlihat pada gambar 8-12 :



Dari hasil uji citra yang diperoleh, dilakukan tahap selanjutnya perhitungan jumlah *pixel* putih. Tabel 1. berikut menunjukkan jumlah pikse putih pada semua gambar untuk setiap metode deteksi tepi.

Tabel 1. Tabel Hasil Jumlah *Pixel* Putih

Nama Citra	Jumlah Pilsel Warna Putih			
	Roberts	Prewitt	Sobel	Canny
harimau.jpg	27731	34598	34806	135442
foto.jpg	27436	30703	30705	75344
esteh.jpg	23680	22303	22307	81654

Nama Citra	Jumlah Pisel Warna Putih			
	Roberts	Prewitt	Sobel	Canny
burung.jpeg	20244	17121	17177	54475
profile.png	31668	29064	29758	120534

Pembahasan :

1. Percobaan pertama Canny memperoleh jumlah *pixel* putih tertinggi, diikuti oleh Prewitt dan Sobel dengan rentang nilai yang minim, sementara Roberts memiliki nilai terkecil.
2. Percobaan ke-dua Canny masih memperoleh jumlah *pixel* putih tertinggi, diikuti oleh Prewitt dan Sobel dengan rentang nilai yang minim, sementara Roberts memiliki nilai terkecil.
3. Percobaan ke-tiga Canny masih memperoleh jumlah *pixel* putih tertinggi, namun kali ini Roberts memperoleh nilai lebih tinggi dibandingkan Prewitt dan Sobel (yang memiliki retan sangat minim).
4. Sama seperti percobaan ke-empat, Canny masih memperoleh jumlah *pixel* putih tertinggi, Roberts memperoleh nilai lebih tinggi dibandingkan Prewitt dan Sobel (Sobel masih lebih baik daripada Prewitt).
5. Percobaan terakhir Canny masih memperoleh jumlah *pixel* putih tertinggi, Roberts memperoleh nilai lebih tinggi dibandingkan Prewitt dan Sobel. Sementara Sobel masih lebih baik daripada Prewitt.

5. Kesimpulan

Setelah menguji program dengan beberapa gambar input dan membandingkan hasilnya, Metode Canny menghasilkan gambar yang lebih

tajam dan tepi yang dihasilkan lebih terhubung daripada metode lain. Selain itu, deteksi tepi menggunakan metode Canny menghasilkan piksel putih paling banyak. Metode Sobel dan Robert saling unggul bergantian pada beberapa gambar tertentu. Metode Prewitt memiliki nilai terkecil dalam jumlah piksel putih.

Semoga penelitian ini bisa menjadi pedoman untuk penelitian selanjutnya dalam membandingkan perbedaan hasil piksel putih antara metode deteksi tepi secara lebih akurat.

6. Daftar Pustaka

- [1] T. Harado, W. Sinaga, and S. Sinurat, "Implementasi Metode Viola Jones Untuk Perancangan Sistem Pemantauan Tempat Parkir Berdasarkan Digital Image Processing," vol. 1, no. 2, pp. 54–59, 2022.
- [2] I. Fathurrahman, A. Muliawan Nur, and F. Fathurrahman, "Identifikasi Kematangan Buah Mentimun Berbasis Citra Digital Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 27–33, 2019.
- [3] Z. Z. Deskiva, P. Studi, T. Informatika, C. Digital, P. Password, and P. Aplikasi, "Implementasi Kriptografi Modern Dengan Metode," pp. 44–49, 2014.
- [4] A. Salsabila, R. Yunita, and C. Rozikin, "Identifikasi Citra Jenis Bunga menggunakan Algoritma KNN dengan Ekstrasi Warna HSV dan Tekstur GLCM," *Technomedia J.*, vol. 6, no. 1, pp. 124–137, 2021.
- [5] E. R. Kuswandi and N. Fadillah, "Perbandingan Metode Robert dan Metode Prewitt untuk Deteksi Tepi pada Citra Tanda Tangan," *InfoTekJar (Jurnal Nas. Inform. dan Teknol. Jaringan)*, vol. 3,

- no. 2, pp. 155–158, 2019.
- [6] W. Supriyatin, “Perbandingan Metode Sobel, Prewitt, Robert dan Canny pada Deteksi Tepi Objek Bergerak,” *Ilk. J. Ilm.*, vol. 12, no. 2, pp. 112–120, 2020.
- [7] I. Fathurrahman and I. Gunawan, “Pengenalan Citra Logo Kendaraan Menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (Glcm) dan Jst-Backpropagation,” *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 47–55, 2018.
- [8] D. Derisma, “Perbandingan Kinerja Metode Deteksi Tepi Pada Pengenalan Objek Menggunakan Open CV,” *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 2, p. 17, 2016.
- [9] I. D. Kurniawati and A. Kusumawardhani, “Implementasi Algoritma Canny dalam Pengenalan Wajah menggunakan Antarmuka GUI Matlab,” *J. Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, no. December, pp. 3–8, 2017.
- [10] Romindo and N. Khairina, “Analisa Perbandingan Metode Edge Detection,” *Semin. Nas. Teknol. Inform.*, pp. 244–251, 2017.
- [11] D. S. Maharani and Apriyani, “Perbandingan Metode Sobel , Metode Prewitt dan Metode Robert Untuk Deteksi Tepi Objek Pada Aplikasi Pengenalan Bentuk Berbasis Citra Digital,” pp. 1–7, 2013.
- [12] V. Lusiana, “Deteksi Tepi pada Citra Digital menggunakan Metode Kirsch dan Robinson,” *J. Teknol. Inf. Din.*, vol. 18, no. 2, pp. 182–189, 2019.
- [13] F. Suryaningsih, “Komparasi Algo deteksi tepi untuk segmentasi citra tumor,” *Jurnal Perangkat Nuklir*, vol. 06, no. 01. pp. 26–32, 2012.
- [14] A. N. Putra, A. Basukesti, and D. Nugraheny, “Penerapan Metode Sobel Untuk Pengukuran Tinggi Badan Menggunakan Webcam,” *Compiler*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2013.
- [15] H. Pangaribuan, “Optimalisasi Deteksi Tepi Dengan Metode Segmentasi Citra,” *J. Inf. Syst. Dev. ...*, vol. 4, no. 1, 2019.
- [16] M. M. Sobel, R. Canny, P. Teguh, K. Putra, N. Kadek, and A. Wirdiani, “Pengolahan Citra Digital Deteksi Tepi Untuk Membandingkan Metode Sobel, Robert dan Canny,” *J. Ilm. Merpati (Menara Penelit. Akad. Teknol. Informasi)*, vol. 2, no. 2, pp. 253–261, 2016.
- [17] R. T. Jurnal, “Implementasi Metode Deteksi Tepi Canny Pada Objek Sebagai Model Keamanan Aplikasi Pada Smartphone Android,” *Petir*, vol. 9, no. 1, pp. 16–20, 2019.